



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 158 935<sup>(13)</sup> C2  
(51) МПК<sup>7</sup> G 01 S 5/14

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98109800/09, 15.10.1996  
(24) Дата начала действия патента: 15.10.1996  
(30) Приоритет: 17.10.1995 FR 95/12146  
(46) Дата публикации: 10.11.2000  
(56) Ссылки: EP 0523938 A1, 20.01.1993. RU 2027196 C1, 20.01.1995. RU 2012012 C1, 30.04.1994. EP 0488739 A1, 03.06.1992.  
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 18.05.1998  
(86) Заявка РСТ: FR 96/01608 (15.10.1996)  
(87) Публикация РСТ: WO 97/14977 (24.04.1997)  
(98) Адрес для переписки: 101000, Москва, пер. Малый Златоустинский 10, кв.15, бюро "ЕВРОМАРКПАТ", Веселицкой И.А.

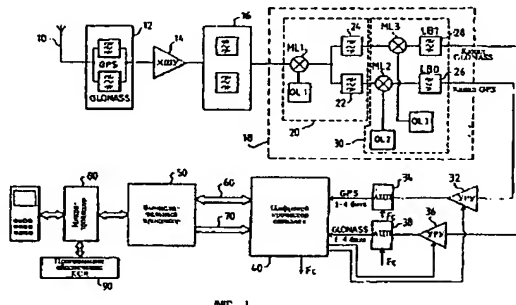
(71) Заявитель:  
СЕКСТАНТ АВИОНИК (FR)  
(72) Изобретатель: Ален РЕНАР (FR),  
Патрис ГИЛЛАР (FR)  
(73) Патентообладатель:  
СЕКСТАНТ АВИОНИК (FR)

### (54) ПРИЕМНИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

(57)

Предложен приемник для определения местоположения с использованием систем спутниковой связи GPS и GLONASS. Согласно изобретению предлагается новая структура приемника, обеспечивающая прием сигналов и вычисление местоположения с использованием спутников как системы GPS, так и системы GLONASS. В эту структуру входят цепь приема радиосигналов с антенной 10, схемами 18 трансформирования частоты, аналого-цифровым преобразователем 38, работающим на очень высокой скорости для канала системы GLONASS, и схемами обработки сигнала, включающими несколько каналов общего назначения, которые могут принимать как сигналы системы GPS, так и сигналы системы GLONASS. В схеме 40 используется программируемый генератор псевдослучайного кода и контур сервоуправления фазой, в котором для формирования локальной трансформированной несущей частоты

используется локальный генератор, управление которым осуществляется так, чтобы обеспечить использование начальной частоты для вхождения в синхронизм со спутниковым сигналом. Приемник с такой структурой позволяет исключить зависимость от той или иной сети спутников и использовать одну из сетей, если в другой произошел сбой, что и является достигаемым техническим результатом. 2 с. и 8 з.п.ф-лы, 3 ил.





(19) RU (11) 2 158 935 (13) C2  
(51) Int. Cl. 7 G 01 S 5/14

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 98109800/09, 15.10.1996  
(24) Effective date for property rights: 15.10.1996  
(30) Priority: 17.10.1995 FR 95/12146  
(46) Date of publication: 10.11.2000  
(85) Commencement of national phase: 18.05.1998  
(86) PCT application:  
FR 96/01608 (15.10.1996)  
(87) PCT publication:  
WO 97/14977 (24.04.1997)  
(98) Mail address:  
101000, Moskva, per. Malyj Zlatoustinskij  
10, kv.15, bjuro "EVROMARKPAT", Veselitskoj I.A.

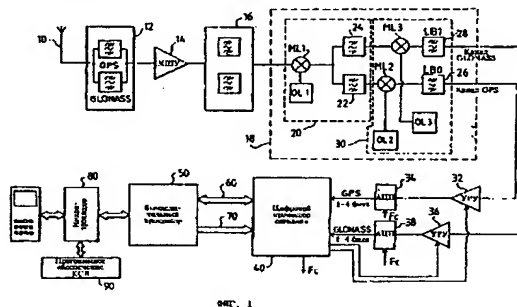
(71) Applicant:  
SEKSTANT AVIONIK (FR)  
(72) Inventor: Alen RENAR (FR),  
Patris GILLAR (FR)  
(73) Proprietor:  
SEKSTANT AVIONIK (FR)

## (54) RECEIVER FOR POSITION DETECTION USING SATELLITE COMMUNICATION NETWORK

### (57) Abstract:

FIELD: GPS and GLONASS global satellite positioning systems. SUBSTANCE: device has radio signal receiving circuit with antenna 10, frequency transformation circuits 18, analog-to-digital converter 38, which operates at very high rate for GLONASS channel, and signal processing circuits, which includes several general-purpose channels, which can equally receive signals of GPS and GLONASS systems. Circuit 40 uses programmed pseudorandom code generator and phase servo control circuit, which uses local oscillator for generation of local transformed carrier frequency. Said local oscillator is controlled in order to provide initial frequency for establishing synchronism with satellite signal. This results in possibility to eliminate

dependence on specific satellite network and to use another network, when one of them fails. EFFECT: possibility to receive signals and to detect position using satellites of GPS and GLONASS systems. 10 cl, 3 dwg



Изобретение относится к системам, которые предназначены для определения местоположения объекта по отношению к поверхности Земли и основаны на приеме радиосигналов, передаваемых группой спутников, находящихся на околоземной орбите.

В настоящее время существуют две глобальные системы местоопределения, позволяющие определять местоположение объекта практически в любой точке Земли. Этими системами являются глобальная спутниковая система местоопределения (GPS-система - "Global Positioning System") и глобальная орбитальная навигационная спутниковая система (GLONASS-система).

В обеих системах используется сеть спутников, которые находятся на околоземной орбите и каждый из которых периодически передает кодированные радиосигналы, которые могут приниматься приемником для определения его точного местонахождения по долготе, широте и высоте над уровнем моря, а также его скорости и точного времени. Существует дополнительная система под названием RGIC ("Random Geostationary Integrity Channel" - "произвольный геостационарный канал целостности"), в которой используются геостационарные спутники, направленно передающие сигналы на те регионы Земного шара, над которыми они находятся.

GPS-система передает радиосигналы с расширенным спектром на несущей частоте L1, равной 1575,2 МГц, а также сигналы на вспомогательной несущей частоте L2, равной 1227,6 МГц. В данном случае интерес представляет только частота L1, однако описанное ниже изобретение при необходимости может использоваться и для частоты L2.

Спектр сигнала расширяется за счет применения псевдослучайных кодов, иными словами, сигнал на несущей частоте L1 модулируется повторяющейся псевдослучайной двоичной последовательностью, называемой также ПСШ-кодом (где ПСШ означает псевдослучайный шум). На практике система использует два вида ПСШ-кодов, а именно:

- C/A-коды (коды "грубого определения" (англ. "Coarse Acquisition")), передаваемые с частотой бит 1,023 МГц; длина этих кодов составляет 1023 бита, а длительность полной последовательности составляет 1 мс; C/A-код обеспечивает приблизительное определение местоположения; и

- P-коды (коды "точного" определения (англ. "Precise")), передаваемые с частотой 10,23 МГц и обеспечивающие более точное определение местоположения.

Логические переходы кода синхронизированы с фазой несущей L1, а для модуляции используется фазовая модуляция строго заданного типа (двухпозиционная фазовая манипуляция или ДФМн).

C/A-коды являются открытыми, доступными для общего пользования и при работе должны формироваться локально на приемной стороне по трем причинам. Во-первых, коды позволяют обнаруживать и демодулировать сигналы, принимаемые на фоне шума с высоким уровнем (на 20-30 дБ выше уровня сигнала), при этом обнаружение производится путем корреляции кода,

принятого от спутника, и идентичного кода, сформированного локально. Во-вторых, коды позволяют идентифицировать передающий спутник (в GPS-системе каждому спутнику присвоен конкретный C/A-код). В-третьих, коды позволяют измерить запаздывание по времени, что является необходимым условием точного вычисления местоположения.

P-коды являются закрытыми, недоступными для общего пользования и зарезервированы в основном для использования в военных целях и могут быть дополнительно зашифрованы на передающей стороне.

Сигналы, переданные на несущей частоте L1, дополнительно кодируются двоичными данными с невысокой скоростью передачи в бодах (50 бод), содержащими навигационную информацию спутника, т.е. информацию, которая используется на приемной стороне при вычислении местоположения. Эти навигационные данные представляют собой эфемериды, которые позволяют, с одной стороны, вычислить точное (с точностью до одного метра) местоположение спутника в любой момент времени, а с другой стороны, осуществить общую привязку по времени всех приемников, использующих навигационную систему. В этом случае при модуляции несущей L1 данными также используется фазовая модуляция.

Расстояние между спутником и приемником определяется путем измерения длительности распространения (со скоростью света) радиосигнала между спутником и Землей. Следовательно, расстояние определяется, в частности, путем измерения расхождения во времени между моментом передачи спутником характеристического бита ("моментного" бита) псевдослучайного кода и моментом приема этого характеристического бита приемником.

Расстояния от приемника до трех различных спутников позволяют определить местоположение приемника в системе координат с фиксированным наземным началом отсчета, поскольку на приемной стороне на момент измерения положение спутников в этой системе координат известно. Использование четвертого спутника дает возможность устранить расхождение между показанием часов на приемной стороне и показанием часов GPS-системы: положение спутников в каждый момент времени определяется путем обращения к общим системным часам, а переданные навигационные данные позволяют приемнику согласовать свои часы с этим эталонным временем. Измерение осуществляется за две или три итерации с учетом того факта, что на момент начала измерений, не имея точной привязки по времени, войти в синхронизм с передаваемыми спутниками сигналами времени можно лишь с точностью приблизительно до 10 или 20 мс, что обусловлено задержкой распространения сигнала от спутников к Земле.

Относительная скорость приемника по отношению к спутникам также может быть определена путем измерения на принимаемой несущей частоте L1 эффекта Доплера. Исходя из этого, можно рассчитать скорость приемника в фиксированной системе координат геоида.

RGIC-система во многом аналогична GPS-системе. В GPS-системе используются спутники, вращающиеся вокруг Земли, а в RGIC-системе используются геостационарные спутники, и эта система дополняет GPS-систему, обеспечивая устранение возникающих в ней несоответствий определенным требованиям и снижая риск неправильных измерений при сбоях в ней. В этой системе используются те же самые типы сигналов и та же несущая частота L1. Для идентификации спутников используются псевдослучайные коды той же длины и передаваемые с той же частотой, но они отличаются от кодов спутников GPS-системы. Скорость передачи навигационных данных составляет в RGIC-системе не 50 бод, а 250 бод. Кодирование данных осуществляется по алгоритму Витерби, обеспечивающему сжатие информации.

В системе GLONASS используются подобные общие принципы, однако можно отметить следующие существенные отличия.

- Отличается выбранная наземная система координат: положение центра Земли не совпадает точно с положением, принятым в GPS-системе, а также не совпадает точно направление на север. Поэтому если от приемника GPS-системы требуются координаты в формате системы GLONASS, необходимо трансформирование с использованием таблицы пересчета либо программного обеспечения пересчета.

- В системе GLONASS навигационные данные передаются со скоростью 100 бод, а не 50 бод, при частоте передачи псевдослучайного кода 511 кГц.

- Далее, значение несущей частоты L1 не является одним и тем же. Каждый спутник ведет передачу на своей частоте L1, и именно это значение частоты позволяет идентифицировать спутник. Псевдослучайный код одинаков для всех спутников, и он не служит для идентификации спутника, а используется только для отделения сигнала от шума (спектральное сжатие) и для определения временных расхождений с целью точного измерения расстояния между приемником и спутником. Диапазон частот L1, используемый всей системой GLONASS, существенно удален от диапазона, используемого в GPS-системе, и составляет приблизительно от 1600 МГц до 1615 МГц. Аналогично используется множество частот L2.

С учетом указанных выше условий становится очевидным, что приемник, предназначенный для приема сигналов GPS-системы, не пригоден для расчета местоположения по радиосигналам от спутников системы GLONASS и наоборот.

Однако целесообразно было бы обеспечить совместимость любых систем, включая дополнительные системы типа RGIC-системы. Особая необходимость в этом проявляется в том случае, когда в работе спутников одной из систем возникают неполадки либо когда по политическим соображениям их временно нельзя использовать, что может привести к очень серьезным последствиям для тех пользователей, которые могут работать только в одной из систем. В настоящее время это приобретает все более важное значение, поскольку надежность множества систем

основывается на точном определении местоположения с помощью спутника. В частности, такая ситуация характерна для морской навигации и авионавигации, все более полагающихся на данные, получаемые от систем GPS и GLONASS. Например, существует тенденция к систематизации навигационных средств обеспечения захода на посадку, основанных на использовании сигналов существующих сетей спутниковой связи.

Очевидно, что можно применять и два специализированных приемника, используя один из них, когда другой не может быть использован. Однако такой путь удваивает для пользователя цену оборудования. Другой путь состоит в создании комбинированных приемников, содержащих двойную приемную систему. Однако такой приемник является дорогостоящим ввиду того, что количество приемных каналов (по крайней мере четыре), требуемых для работы в GPS-системе, должно быть равно количеству спутников в GPS-системе, сигналы которых необходимо принимать одновременно, и соответственно количество приемных каналов (по крайней мере четыре), требуемых для работы в системе GLONASS, должно быть равно количеству спутников в системе GLONASS, сигналы которых необходимо принимать одновременно.

Следовательно, существует необходимость в разработке недорогого приемника, который мог бы принимать сигналы GPS-системы, системы GLONASS или RGIC-системы или даже систем, которые будут созданы в будущем, и который не представлял бы собой простую (дорогостоящую) комбинацию двух различных типов приемников.

Исходя из вышеизложенного, в основу настоящего изобретения была положена задача разработать приемник спутниковых сигналов с новой структурой, который был бы относительно дешев и который можно было бы использовать как в системе с единственной несущей частотой L1 (типа GPS-системы), так и в системе с несколькими несущими частотами L1 (типа системы GLONASS). В приемнике с такой структурой, в частности для цифровой обработки сигнала (являющейся наиболее сложной и, следовательно, дорогой частью приемника), можно применять каналы общего назначения, которые могут принимать сигналы от любой системы.

Согласно изобретению предлагается приемник спутниковых сигналов, который может принимать и обрабатывать сигналы, передаваемые спутниками, принадлежащими сети с единственной несущей частотой, и сигналы, передаваемые спутниками, принадлежащими сети с несколькими несущими частотами, и который включает:

цель приема радиосигналов, включающую схемы для трансформирования принятых несущих частот в несколько трансформированных частот, отличных от принятой несущей частоты, и по крайней мере один аналого-цифровой преобразователь для преобразования трансформированных таким путем сигналов в цифровой сигнал с несколькими трансформированными несущими частотами, соответствующими нескольким спутникам, сигналы с которых

принимаются одновременно и которые осуществляют передачу на различных несущих частотах,

по крайней мере один канал цифровой обработки сигналов, в который поступает цифровой сигнал с несколькими трансформированными несущими частотами и каждый из которых включает контур сервоуправления фазой псевдослучайного кода и фазой трансформированной несущей частоты, который включает, во-первых, по крайней мере один генератор с цифровым управлением фазой, управляемый сигналом установки частоты и сигналом фазовой ошибки и, во-вторых, программируемый генератор локального псевдослучайного кода,

устройство выбора кода, позволяющее пользователю подавать на генератор кода сигнал для выбора одного кода из нескольких возможных кодов, где эти различные коды соответствуют различным спутникам двух сетей связи,

устройство выбора частоты, позволяющее пользователю подавать на генератор один из нескольких возможных сигналов установки частоты, где эти различные сигналы соответствуют различным спутникам второй сети связи, а также всем спутникам первой сети связи, и

устройство для вычисления местоположения по цифровым значениями, выданным контуром сервоуправления.

Следует отметить, что в приемнике с предлагаемой структурой количество различных трансформирований частоты не равно количеству различных несущих частот. Однако при практической реализации приемника в цепи приема радиочастотных сигналов для сигналов одночастотной системы и для сигналов многочастотной системы целесообразно предусмотреть отдельные тракты трансформирования и фильтрации. Предпочтительно также предусмотреть отдельные аналого-цифровые преобразователи. Однако различные каналы цифровой обработки сигналов являются каналами общего назначения и используют единый тракт обработки.

Локальный генератор с цифровым управлением фазой предпочтительно работает с такой частотой вычислений, которая вдвое превышает наибольшую трансформированную частоту, поступающую из цепи приема радиочастотных сигналов.

Для пояснения предлагаемой структуры ниже кратко отражены некоторые общие принципы, положенные в ее основу.

Основная идея заключается в том, что приемник должен быть способен одновременно работать как в системе с единственной несущей частотой L1, так и в системе со множеством несущих частот L1.

А. Радиосигнал, принятый антенной, подвергается по крайней мере одному трансформированию несущей частоты и по крайней мере одной широкополосной фильтрации, что позволяет равным образом принять все множество несущих частот многочастотной системы.

Трансформирование частоты можно осуществлять в несколько стадий с последовательными значениями промежуточных частот. Для одночастотной системы трансформирование модулирующего сигнала может осуществляться сразу на

полосу частот модулирующих сигналов, а не на промежуточную частоту. В случае многочастотной системы трансформирование завершается на промежуточной частоте, значение которой зависит от значения принимаемой несущей частоты и широкополосной фильтрации, которой подвергаются все возможные промежуточные частоты, соответствующие различным несущим частотам.

Б. Трансформированный сигнал далее преобразуется в цифровую форму с помощью аналого-цифрового преобразователя, рабочая частота которого в принципе существенно выше удвоенной максимальной промежуточной частоты принятого сигнала после его трансформирования и фильтрации.

В. Сигналы после трансформирования частоты и преобразования в цифровую форму в принципе подаются параллельно в несколько каналов обработки сигналов (количество каналов соответствует количеству спутников, сигналы которых требуется принимать одновременно). Каждый из каналов может обрабатывать сигналы как одночастотной, так и многочастотной системы. Эти каналы идентичны и имеют программное управление. Программирование состоит в том, что в каждый канал в форме цифровой команды подается информация об идентификации сети связи и спутника, сигнал которого следует использовать.

Г. Каждый канал включает цифровой контур сервоуправления фазой псевдослучайного кода и фазой несущей частоты, осуществляющий сервоуправление по фазе и частоте псевдослучайным кодом, формируемым локально, и идентичным псевдослучайным кодом, принимаемым со спутника, с учетом эффекта Доплера. Следовательно, в контур поступает спутниковый сигнал после трансформирования частоты и аналого-цифрового преобразования, и этот контур формирует сигналы фазовой ошибки несущей и сигналы фазовой ошибки кода, которые используются для поддержки этого сервоуправления фазой кода и фазой несущей.

Д. В указанном выше контуре для сервоуправления фазой кода используется программируемый генератор локального псевдослучайного кода (т.е. генератор, который может передавать различные коды, выбираемые в зависимости от того спутника, сигналы которого требуется принять, и представляющие собой код системы GLONASS или выбранный код RGIC- либо GPS-системы), который запускается синхронизатором, управляемым по фазе и частоте сигналом фазовой ошибки кода, формируемым в контуре.

Е. В рассматриваемом контуре для сервоуправления фазой несущей также используется локальный генератор с цифровым управлением фазой, на который может подаваться, во-первых, сигнал начальной установки частоты и, во-вторых, сигнал фазовой ошибки несущей, при этом начальное значение может программироваться и соответствует одному из значений несущей частоты спутника, выбранному из нескольких возможных значений (т.е. значению частоты, используемой в GPS-системе, либо значению

определенной выбранной частоты, используемой в системе GLONASS). Рабочая частота упомянутого локального генератора (т. е. частота вычисления синтезируемых цифровым образом фазовых выборок, а не частота формируемого колебания) является достаточно высокой, чтобы обеспечить синтез любой требуемой частоты из диапазона частот, которые могут быть преобразованы аналого-цифровым преобразователем.

Помимо изложенных выше принципов, следует также отметить, что согласно изобретению предлагается также способ приема спутниковых сигналов в приемнике и определения местоположения приемника на основе принятых сигналов, при этом спутники принадлежат либо к первой сети с единственной несущей частотой, либо ко второй сети с несколькими несущими частотами, и этот способ отличается тем, что при его осуществлении предусмотрены следующие стадии:

- прием сигналов нескольких спутников с помощью антенны,

- трансформирование несущей частоты различных принятых сигналов с формированием нескольких трансформированных несущих частот, отличных от принятой несущей частоты,

- подача нескольких одновременно принятых несущих частот по крайней мере на один общий аналого-цифровой преобразователь и преобразование соответствующего полного сигнала в цифровую форму,

- подача цифровых сигналов из преобразователя по крайней мере в один канал обработки сигналов, который является общим для всех трансформированных несущих частот, поступающих от преобразователя,

- выбор значения установки частоты, соответствующего значению конкретной трансформированной частоты, из нескольких возможных значений уставок, соответствующих различным спутникам, и подача соответствующего сигнала установки в генератор с цифровым управлением фазой таким образом, чтобы этот генератор формировал частоту, соответствующую значению установки, а также подача в этот генератор сигнала фазовой ошибки, выдаваемого контуром сервоуправления фазой, в состав которого входит генератор,

- выбор псевдослучайного кода и подача соответствующего сигнала установки в программируемый генератор локального псевдослучайного кода таким образом, чтобы этот генератор формировал один требуемый код из числа нескольких возможных кодов, причем этот генератор входит в состав контура сервоуправления и предусмотрен коррелятор, осуществляющий сдвиг формируемого кода таким образом, чтобы обеспечить синхронизм с идентичным кодом, присутствующим в модуляции сигнала, поступающего от преобразователя, и

- вычисление местоположения приемника по цифровым значениям, выдаваемым контуром сервоуправления.

Другие особенности и преимущества изобретения более подробно поясняются в приведенном ниже описании со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых показано:

на фиг. 1 - общая структура приемника

спутниковых сигналов согласно настоящему изобретению,

на фиг. 2 - графическое изображение диапазонов частот, обрабатываемых в цепи приема, показанной на фиг. 1, и

на фиг. 3 - структура схем цифровой обработки сигнала, включенных после цепи приема радиочастотных сигналов.

Изобретение более подробно поясняется на примере приемника, который может принимать как сигналы от сети спутниковой связи GPS-системы (сеть с единственной несущей частотой L1), так и сигналы от сети спутниковой связи системы GLONASS (сеть с несколькими несущими частотами L1).

В общую структуру предлагаемого приемника входят радиоантенна 10, после которой установлен фильтр 12, пропускающий все требуемые сигналы с несущими частотами L1. Этот фильтр предпочтительно представляет собой полосовой фильтр с двумя полосами пропускания, а именно, очень узкой (несколько МГц) полосой для сигналов GPS-системы с частотой несущей 1575,42 МГц и сравнительно широкой полосой приблизительно от 1597 до 1617 МГц для сигналов со всеми возможными частотами системы GLONASS.

После указанного фильтра последовательно включены малошумящий усилитель 14 высокой частоты (МШУ) и фильтр 16 того же типа, что и первый фильтр. После усиления и фильтрации ВЧ-сигналы подаются на группу схем 18 трансформирования частоты, которые формируют сигналы с промежуточными частотами, значения которых меньше значения несущей L1, но в которых сохраняется фазовая модуляция этой несущей, при этом трансформирование завершается на частотах, которые могут обрабатываться последующими схемами обработки сигнала. Максимальные рабочие частоты быстродействующих схем обработки сигналов на основе кремния имеют порядок величин около 60 МГц. Поэтому выбираются такие значения промежуточных частот, которые существенно меньше упомянутой величины.

Следует отметить, что трансформирование частоты обычно осуществляется в несколько последовательных стадий, на которых значения промежуточных частот последовательно снижаются, хотя это и не является существенным для изобретения. В варианте, представленном на фиг. 1 в качестве одного из возможных примеров, показан первый блок 20, осуществляющий трансформирование в первую промежуточную частоту, за которым следует второй блок 30, осуществляющий трансформирование на более низкие промежуточные частоты. В первом блоке 20 используется локальный генератор OL1, смеситель ML1 и фильтры 22, 24. Этот блок трансформирует принятые от систем GPS или GLONASS сигналы в такое количество сигналов с промежуточными частотами, которое соответствует количеству несущих частот L1 в принятом сигнале, при этом имеется одна первая промежуточная частота, которую получают в результате трансформирования несущей частоты GPS-системы, составляющей 1575,2 МГц, а



также имеется такое количество промежуточных частот, которое соответствует количеству несущих частот в системе GLONASS, поскольку вне зависимости от принимаемой частоты системы GLONASS используется один и тот же локальный генератор OL1. С выхода смесителя сигналы параллельно подаются на два различных фильтра: фильтр 22 с узкой полосой пропускания с центром на промежуточной частоте, полученной в результате трансформирования несущей частоты GPS-системы, причем данный фильтр пропускает только сигналы GPS-системы, и фильтр 24 с более широкой полосой пропускания, пропускающий все промежуточные частоты, полученные в результате трансформирования несущих частот системы GLONASS. Второй трансформирующий блок 30 работает аналогично первому с тем лишь отличием, что обработка сигналов систем GPS и GLONASS осуществляется в нем в раздельных каналах.

Выходной сигнал с фильтра 22 (канал GPS) подается на смеситель ML2, на который также подается сигнал с частотой, генерируемой локальным генератором OL2, а выходной сигнал смесителя ML2 поступает на фильтр 26 с центром полосы пропускания на новой промежуточной частоте, образующейся в результате трансформирования и обозначаемой ниже как трансформированная несущая частота  $F_{i0}$ . Для этого канала GPS трансформированная несущая частота  $F_{i0}$  может быть даже равна нулю (с учетом доплеровского эффекта): выходной сигнал представляет собой модулирующий сигнал, в который включен доплеровский эффект. Полоса пропускания LB0 фильтра 26 должна обеспечивать прохождение модуляционного спектра сигнала GPS-системы, а также, как очевидно, доплеровской частоты.

В другом канале трансформирования частоты, т.е. в канале GLONASS, предусмотрены смеситель ML3, генератор OL3 и фильтр 28. В результате трансформирования получают серию трансформированных несущих частот от  $F_{i1}$  до  $F_{in}$ , т.е. по одной для каждой несущей частоты  $L1$  системы GLONASS. Полоса пропускания LB1 фильтра 28 канала GLONASS существенно шире по сравнению с полосой пропускания фильтра 26 в канале GPS. Полоса пропускания ограничена значением наименьшей ( $F_{i1}$ ) и наибольшей ( $F_{in}$ ) трансформированных частот. Очевидно также, что на указанных крайних частотах следует учитывать модуляционный спектр и доплеровский эффект, вследствие чего ширина полосы LB1 составляет по крайней мере 15 либо 20 МГц.

Локальные генераторы OL1, OL2, OL3 представлены на фиг. 1 как независимые элементы. Однако на практике три выходных сигнала OL1, OL2, OL3 со взаимосвязанными частотами генерируются единым синтезатором частот, синхронизированным по фазе с генератором опорной частоты.

Далее в приемнике в канале GPS предусмотрены усилитель 32 с регулируемым коэффициентом усиления, после которого включен аналого-цифровой преобразователь 34, а в канале GLONASS - усилитель 36 с регулируемым коэффициентом усиления, после которого включен аналого-цифровой

преобразователь 38. Регулировка усиления используется в том случае, если преобразователи кодируют аналоговый сигнал несколькими битами, однако при определенных условиях возможно кодирование одним битом без регулировки усиления. Информация по регулировке усиления формируется в результате статистических вычислений, которые выполняются над последовательностями выборок цифрового сигнала.

Преобразователи работают с частотой дискретизации  $F_c$ , которая предпочтительно больше удвоенного значения наивысшей трансформированной частоты, которую предполагается принимать и подавать на преобразователи. В канале GLONASS наивысшая частота равна  $F_n$ , значение которой может составлять порядка 20 МГц. На практике в этом случае необходима частота преобразования более 50 МГц, например 60 МГц. Для упрощения описания предполагается, что в канале GPS применяется преобразователь того же типа и используется та же рабочая частота  $F_c$ , поскольку формируемые сигналы последовательно обрабатываются одними и теми же схемами независимо от источника этих сигналов.

Преобразователи формируют цифровые сигналы, представляющие собой выдаваемые с частотой  $F_c$  выборки аналогового сигнала, содержащего одну или более трансформированных несущих частот ( $F_{i0}$  для преобразователя 34, от  $F_{i1}$  до  $F_{in}$  для преобразователя 38), измененных под действием доплеровского эффекта и фазомодулированных псевдослучайными кодами и навигационными данными каждого из спутников, которые "видит" приемник.

Эти несущие соответствующую информацию цифровые сигналы подаются на схему 40 цифровой обработки сигналов (далее обозначаемую как цифровой процессор 40 сигналов), которая управляется вычислительным процессором 50, взаимодействующим с этим процессором 40 по информационной шине 60 и управляющей шине 70. Сам вычислительный процессор взаимодействует с микропроцессором 80, выполняющим операции по вычислению местоположения на основе информации, собираемой цифровым процессором 40 и вычислительным процессором 50. Микропроцессор 80 использует программное обеспечение 90, которое можно назвать как "программное обеспечение КСВ" ("координата-скорость-время"), поскольку именно эта программа на основе цифровой информации, выдаваемой вычислительным процессором, рассчитывает координаты, скорость и время.

Управление микропроцессором 80 осуществляет пользователь приемника, который может взаимодействовать с приемником с помощью универсальных периферийных устройств (например, с помощью дисплея, клавиатуры, принтера и т.п.) либо с помощью кнопок управления и систем индикации специального назначения. Вычислительный процессор 50 и микропроцессор 80 могут быть совмещены и выполнены в виде единого микропроцессора.

Таким образом, как показано на фиг. 1, существует два различных канала для

выделения полезной информации из принятого сигнала в зависимости от того, какую из сетей спутниковой связи - GPS или GLONASS - требуется использовать. Однако следует отметить, что такое решение с раздельными каналами является исключительно следствием того факта, что рабочая частота GPS-системы, составляющая 1575,42 МГц, достаточно далеко удалена от максимальной частоты системы GLONASS (около 1617 МГц). Расхождение составляет при этом более 40 МГц. Если в будущем (с использованием быстродействующих полупроводниковых технологий на основе GaAs, германия, сверхпроводников и т.д.) будут созданы аналого-цифровые преобразователи, работающие на частотах 100 МГц и более, то канал для системы GPS станет излишним, и в схеме по фиг. 1 для обработки как сигналов GLONASS, так и сигналов GPS может быть сохранен только один канал GLONASS. Принципиальным является то, что одного канала достаточно в том случае, если несущая частота L1 первой сети достаточно близка к несущим частотам L2 второй сети.

На фиг. 2 схематично показаны распределение несущей частоты F0 GPS-системы и несущих частот F1-Fn системы GLONASS, соответствующее распределение трансформированной частоты Ft0 GPS-системы (возможно равной нулю или доплеровской частоте вследствие относительного движения приемника и спутника) и трансформированных частот Ft1-Ftn системы GLONASS, а также полоса пропускания LB0 фильтра 22 и полоса пропускания LB1 фильтра 24. Рабочая частота Fc преобразователя 38 предпочтительно более чем в 2 раза выше, например составляет 60 МГц, частоты Ftn, равной 20 МГц.

На фиг. 3 представлены общая структура схемы 40 цифровой обработки сигналов, используемой в предлагаемом приемнике, а также часть схемы вычислительного процессора 50. Как показано на чертеже, схема 40 не содержит отдельных каналов для обработки сигналов GPS-системы и для обработки сигналов системы GLONASS. На два входа установленного на входе схемы 40 мультиплексора 102 поступают цифровые сигналы от преобразователей 34 и 38, и этот мультиплексор на основании вводимой пользователем команды позволяет выбирать сеть спутниковой связи GPS либо GLONASS. Сигналы, выбранные мультиплексором 102, обрабатываются схемой 40, которая принимает либо сигналы по каналу GPS, либо аналогичные сигналы по каналу GLONASS даже несмотря на то, что они соответствуют различным диапазонам частот.

В рассматриваемом примере схема 40 обработки включает несколько каналов (обычно четыре и более), которые являются идентичными, и поэтому далее более подробно рассмотрен один из них. Сигналы от мультиплексора поступают во все каналы параллельно. Каждый канал запрограммирован на прием сигналов от конкретного спутника, находящегося на линии прямой видимости в точке расположения приемника, однако любой канал может быть запрограммирован на прием сигналов от любого спутника систем GPS или GLONASS

(или RGIC).

Основными компонентами канала являются:

- генератор локальной трансформированной несущей частоты, предназначенный для формирования локального сигнала с частотой, близкой к частоте трансформированных несущих, которые требуется использовать,
- генератор кода, предназначенный для формирования локального псевдослучайного кода, идентичного псевдослучайному коду, который требуется обнаружить,
- контур сервоуправления фазой псевдослучайного кода и фазой несущей частоты, который формирует цифровой сигнал фазовой ошибки несущей и цифровой сигнал фазовой ошибки кода и который служит, во-первых, для сервоуправления фазой (и частотой) локального генератора колебаний по фазе (и частоте) сигнала, поступившего от мультиплексора 102, и, во-вторых, для сервоуправления фазой локального псевдослучайного кода по фазе случайного кода, при определенных условиях присутствующего в сигнале, поступающем от мультиплексора. Сигналы ошибки управляют локальным генератором колебаний и локальным генератором кода и формируются цифровым вычислительным процессором 50 при выполнении соответствующей программы.

Ниже описаны различные компоненты, упомянутые выше и присутствующие в каждом канале схемы обработки сигналов.

Хотя в приемнике осуществляется как сервоуправление фазой несущей, так и сервоуправление фазой кода, для выполнения этих функций в схеме используются не два раздельных контура сервоуправления, поскольку, как очевидно из последующего описания, на практике обе эти функции сервоуправления "вложены" одна в другую.

GPS- или GLONASS-сигналы с выхода мультиплексора 102 поступают на два цифровых умножителя 104 и 106, на которые также подается цифровой сигнал, соответствующий значению синуса (на один из умножителей) и значению косинуса (на другой умножитель) периодического цифрового сигнала с регулируемой фазой, формируемого генератором 108 с цифровым управлением фазой. Этот генератор с цифровым управлением фазой представляет собой упомянутый выше генератор локальной частоты. Частота вычислений генератора 108, т.е. частота, с которой он выдает приращения фазы, является высокой частотой, которая должна быть по крайней мере вдвое выше максимальной трансформированной несущей частоты, присутствующей в сигнале на входе мультиплексора. На практике частота вычислений предпочтительно составляет 60 МГц. Указанное значение частоты в принципе совпадает с частотой дискретизации Fc преобразователей 34 и 38, однако это не является обязательным.

Генератор 108 имеет цифровой управляющий вход, через который может задаваться значение фазовых приращений, добавляемых при каждом новом вычислении. Одна из функций, выполняемых генератором, фактически заключается в повторении с частотой Fc операции сложения фазы



предыдущего выходного сигнала с инкрементом, задаваемым на управляющем входе, с получением на выходе сигнала с новой фазой. В данном случае управляющий вход определяет фазовое приращение, которое представляет собой сумму сигнала фазовой ошибки по контуру сервоуправления (сигнал ошибки, вычисляемый внутри контура процессором 50) и заданным начальным значением установки. Именно начальное значение позволяет локальному генератору формировать номинальную локальную частоту, соответствующую точно определенной трансформированной несущей частоте. Эта трансформированная частота соответствует фактической номинальной несущей частоте конкретного спутника (системы GPS или GLONASS), с которой требуется войти в синхронизм по фазе. Начальное значение служит для установления синхронизации с сигналом конкретного спутника и, следовательно, зависит как от выбора сети - GPS или GLONASS, так и от выбора, для сети GLONASS, конкретного спутника.

Таким образом, для заданного канала пользователь через микропроцессор 80 задает требуемое начальное значение установки частоты, подаваемое на генератор 108 в зависимости от искомого спутника, которому присвоен данный канал.

В процессе постоянного итерационного вычисления КСВ-значения программное обеспечение, используемое при вычислении местоположения, в принципе формирует расчетное значение доплеровской частоты (полученное на основании результатов вычислений предыдущего значения КСВ-значения) таким образом, что в соответствии со схемой по фиг. 3 управляющий сигнал для генератора 108 с цифровым управлением может быть представлен как сумма:

- начального значения, заданного пользователем (который выбирает либо номер конкретного спутника GLONASS, либо все спутники GPS-системы) и представляющего собой значение установки частоты,

- расчетного значения доплеровской частоты, вычисленного программой КСВ, и
- сигнала фазовой ошибки несущей, который замыкает контур сервоуправления.

Сумма расчетного значения доплеровской частоты и сигнала фазовой ошибки несущей представляет собой фактическое значение доплеровской частоты. Цифровой сигнал, представляющий собой эту величину, передается для вычисления программным обеспечением 90 и после цифрового деления на коэффициент, равный отношению значения несущей частоты L1 к частоте кода (этот коэффициент зависит, следовательно, от выбора канала GPS или GLONASS), используется также в контуре сервоуправления кодом как сигнал доплеровского сдвига. С этой целью в схеме по фиг. 3 предусмотрен программируемый цифровой делитель 109, управляемый микропроцессором 80.

Таким образом, генератор 108 выдает сигнал с требуемой трансформированной частотой, а его сервоуправление осуществляется сигналом фазовой ошибки таким образом, чтобы точно войти в

синхронизм по фазе и частоте с сигналом, переданным искомым спутником на несущей частоте L1, которая соответствует указанной трансформированной частоте, но которая может быть подвержена доплеровскому сдвигу.

В данном случае сервоуправление осуществляется путем цифрового вычисления с использованием синусоидной и косинусоидной функций фазы, формируемых генератором 108.

Синусоидная и косинусоидная функции могут быть получены из цифровой таблицы. С этой целью между выходом генератора 108 и умножителями 104 и 106 предусмотрено запоминающее устройство 110 типа ППЗУ для значений синусов и запоминающее устройство 112 типа ППЗУ для значений косинусов.

Выходные сигналы умножителей представляют собой, следовательно, два сдвинутых по фазе на  $90^\circ$  (или квадратурных) сигнала, в спектрах которых присутствует низкочастотная составляющая, представляющая собой сдвиг между трансформированной частотой принятого спутникового сигнала и частотой локально формируемого сигнала. Эта составляющая сдвига используется для формирования упомянутого сигнала фазовой ошибки несущей, который стремится сократить сдвиг до нуля.

Затем выходные сигналы умножителей 104 и 106 в упомянутом выше контуре сервоуправления подвергаются корреляции с целью обнаружить наличие в принятом сигнале псевдослучайного кода, соответствующего искомому спутнику. Таким образом, эти сигналы, которые по существу промодулированы известным псевдослучайным кодом, переданным спутником, который требуется использовать для измерения, подвергаются корреляции с идентичным псевдослучайным кодом, сформированным локально генератором 114. В результате операции корреляции формируются корреляционные сигналы, которые используются для сдвига момента начала локального кода (момент, обозначенный (или тегированный) "моментным" битом) до тех пор, пока корреляционный сигнал не покажет, что локальный код и принятый код абсолютно синхронны. Корреляционный сигнал содержит корреляционный пик либо корреляция равна нулю (в зависимости от типа коррелятора), что указывает на синхронизм. Далее необходимо лишь определить момент начала формирования локального кода для нахождения местоположения спутника путем последующего вычисления. Этот момент начала определяется путем анализа состояния псевдослучайного кода в заданный момент времени и путем анализа фазы генератора, который управляет генератором 114 кода. Микропроцессор 80 определяет данный момент и собирает эту информацию, которая используется КСВ-программой 90.

Поскольку контур корреляции кода "вложен" в контур сервоуправления фазой несущей, доплеровский эффект, присутствующий в принятом сигнале и, следовательно, в частоте изменений принятого псевдослучайного кода, не влияет на результат корреляции: локальный код

формируется на частоте изменений, управление которой осуществляется по частоте фактически принятой несущей, компенсируя любую ошибку синхронизации, вызванную доплеровским эффектом. Программируемый делитель 109 участвует в указанной коррекции доплеровской частоты, внося поправку в сигнал фазовой ошибки кода, формируемый путем цифрового вычисления в контуре сервоуправления.

На генератор 114 локального кода подается синхросигнал (для управления изменениями кода) от генератора 116 с цифровым управлением фазой. На управляющий вход этого генератора подается сигнал фазовой ошибки кода с поправкой на доплеровский эффект, т.е. на этот генератор, следовательно, поступает сигнал, который представляет собой расхождение в синхронизации локального кода и принятого кода и который является результатом корреляции между этими двумя кодами и "стремится" привести фазу и частоту локального псевдослучайного кода к фазе и частоте идентичного кода, присутствующего в сигнале, принятом от искомого спутника. Частота дискретизации этого генератора (частота, с которой вычисляются фазовые выборки путем последовательных приращений) предпочтительно представляет собой целочисленную величину  $F_c/k$ , кратную частоте дискретизации  $F_c$ .

Генератор 116 в каждый момент времени выдает значение фазы, которое может быть считано (для вычисления KCB-значения), но которое представляет собой сигнал переноса (или "сквозной перенос"), который с выхода этого генератора подается на генератор 114 кода для определения моментов изменения локального кода.

Генератор псевдослучайного кода является программируемым, т.е. он может формировать любую псевдослучайную последовательность из целого ряда последовательностей, принятых в GPS-системе и системе GLONASS и, возможно, также в других системах. С этой целью генератор имеет вход выбора кода, на который поступает команда, задающая один из  $N$  возможных номеров последовательностей. Эта команда вводится пользователем и, следовательно, управляющим микропроцессором 80.

Корреляция выполняется путем перемножения локального кода и оцифрованного сигнала, полученного в свою очередь произведением локальной несущей частоты на соответствующее значение синуса или косинуса. Таким образом, каналы синуса и косинуса аналогично исходному оцифрованному сигналу содержат информацию о псевдослучайной модуляции, переданную спутником, что обеспечивает осуществление корреляции в этих каналах.

Локальный псевдослучайный код, формируемый генератором 114, может непосредственно использоваться для корреляции с сигналами, принятыми от спутника. Однако в общем случае предпочтительно выполнять более точную корреляцию с использованием как самого кода, так и опережающего, т.е. с небольшим опережением, и/или запаздывающего, т.е. с небольшой задержкой, кода. Обычно можно использовать следующие коды:

- код P0, называемый точным кодом (синхронным с кодом, обнаруженным в принятом со спутника сигнале),

- опережающий код E, начинающийся в более ранний момент (в момент, соответствующий минимальному временному интервалу, разделяющему два элементарных изменения кода), и

- запаздывающий код L, начинающийся в более поздний момент.

Простая обработка состоит в выполнении корреляции с точным кодом P и разностью между кодами E и L. На фиг. 3 показана комбинационная схема 118, соединенная с выходом генератора 114 и формирующая из выходного кода генератора точный код P и разность кодов E-L.

Корреляция осуществляется с помощью цифровых умножителей и цифровых фильтров, которые предусмотрены в квадратурных (синусоидном и косинусоидном) каналах контура сервоуправления, а именно, соединены с выходами умножителей 104 и 106. Сигнал синусоидного канала и сигнал косинусоидного канала с помощью цифровых умножителей 120, 122, 124, 126 умножаются, во-первых, на точный код P0 и, во-вторых, на разность кодов E-L, что позволяет в любой момент времени умножить цифровую величину (например, кодированную 13 битами) на бит локального псевдослучайного кода.

Выходные сигналы умножителей 120-126 подаются на цифровые фильтры 130-136, представляющие собой интеграторы со сбросом, функциональное назначение которых заключается в интегрировании результатов умножений в течение 1 мс, что соответствует полной длительности псевдослучайной последовательности, и периодическом обнулении по окончании каждой последовательности. Интегрирование заключается в накоплении в счетчике, содержимое которого увеличивается, уменьшается или остается неизменным в зависимости от знака и величины цифрового сигнала, который подается на вход счетчика от предшествующего умножителя. Возврат в нулевое состояние управляется характеристическим ("моментным") битом точной последовательности. Указанные интеграторы выдают низкочастотные сигналы (1 кГц)  $I_p$ ,  $Q_p$ ,  $I_d$ ,  $Q_d$  длиной, например, 8 бит каждый, которые являются основой корреляционной функции. Эти сигналы, таким образом, отражают корреляцию соответственно в синусоидном и косинусоидном каналах с кодом P0 и разностным кодом E-L. Далее сигналы подаются на вычислительный процессор 50, вычисляющий на основании этих сигналов сигнал фазовой ошибки кода, который подается на генератор 116, замыкая тем самым контур сервоуправления фазой несущей.

Следует отметить, что функционированием фильтров 130-136 частично управляет программное обеспечение и что это функционирование может изменяться в зависимости от режима работы, т.е. в системе GPS или GLONASS, с целью учесть небольшие различия, такие как отличие частоты кода.

Сигнал фазовой ошибки несущей формируется в результате вычисления

функции вида  $\arctan(Q_p/I_p)$  в дискриминаторе 138 и последующем фильтре 140. При вычислении сигнала фазовой ошибки несущей не используется корреляция с разностным кодом E-L.

Сигнал фазовой ошибки кода формируется в результате вычисления, например, суммы произведений  $Q_{d0}I_p + Q_{p0}I_d$  в дискриминаторе 142 и последующем цифровом фильтре 144 очень низких частот. При вычислении используется корреляция с точным кодом и корреляция с разностным кодом.

Сигнал фазовой ошибки кода и сигнал фазовой ошибки несущей содержат информацию, которая может быть передана на вычислительный процессор 50 и при необходимости на микропроцессор 80 с целью вычислить местоположение (КСВ-значение) приемника. Например, эти сигналы по существу содержат набор данных о доплеровском сдвиге, на основании которых можно найти скорость приемника относительно спутника.

На практике программное обеспечение для вычисления КСВ-значения выдает одновременно во все каналы импульсы считывания, по которому в момент его появления считываются состояние фазы несущей, состояние фазы кода и значение кода. Эти три набора данных, сформированные контурами сервоуправления каждого канала, позволяют вычислить расстояние от приемника до каждого из нескольких видимых спутников.

На фиг. 3 показаны регистры 146, 147, 148, в которые при появлении импульса считывания соответственно записываются следующие величины:

- значение фазы генератора 108, отражающее значение фазы несущей в данный момент,

- состояние псевдослучайного кода в этот момент, описываемое, например, 10 значащими битами, присутствующими в выходных сигналах, параллельно выдаваемых генератором 114 кода, и

- точное значение фазы кода в пределах некоторого интервала времени, определяемое точной фазой генератора 116.

Навигационные данные, передаваемые спутником с использованием относительной фазовой манипуляции на низких частотах (50 или 100 Гц), обычно декодируются в схеме 150 вычислительного процессора 50, которая обнаруживает изменения фазы в соответствии с навигационными данными, передача которых, кроме того, синхронизирована "моментным" битом псевдослучайных последовательностей.

Навигационные данные далее используются программным обеспечением 90 для вычисления КСВ-значения. Более того, обнаруженные данные учитываются вычислительным процессором 50 и схемой 40 с той целью, чтобы относящиеся к этим данным изменения не создавали помех в контуре сервоуправления.

Таким образом, в приведенном выше описании представлена общая структура предлагаемого согласно изобретению приемника, позволяющего использовать лишь ограниченное число каналов для приема сигналов с любой из нескольких типов сетей спутниковой связи. Следует отметить, что

хотя структура приемника описана на примере обработки сигналов на несущих частотах L1, она равным образом применима и к обработке сигналов на несущих частотах L2. Каналы цифровой обработки общего назначения, используемые для несущих L1, аналогично могут использоваться также для частот L2 систем GPS и GLONASS, при этом несущие частоты L2 должны быть трансформированы в такие диапазоны частот, в которых работают эти каналы. В другом варианте одни и те же каналы могут использоваться для частоты L1 и для частоты L2 при чередующемся трансформировании частот L1 и L2 и при временном уплотнении сигналов на частотах L1 и L2.8

### Формула изобретения:

1. Приемник спутниковых сигналов, который может принимать и обрабатывать сигналы, передаваемые спутниками, принадлежащими сети с единственной несущей частотой, и сигналы, передаваемые спутниками, принадлежащими сети с несколькими несущими частотами, и который включает цепь (10, 12, 14, 16, 18, 34, 38) приема радиосигналов, включающую схемы для трансформирования принятых несущих частот в несколько трансформированных частот, отличных от принятой несущей частоты, по крайней мере один аналого-цифровой преобразователь (38) для преобразования трансформированных таким путем сигналов в цифровой сигнал с несколькими трансформированными несущими частотами, соответствующими нескольким спутникам, сигналы с которых принимаются одновременно и которые осуществляют передачу на различных частотах, по крайней мере один канал цифровой обработки сигналов, в который поступает цифровой сигнал с несколькими трансформированными несущими частотами, отличающийся тем, что каждый из каналов цифровой обработки сигналов включает контур сервоуправления фазой псевдослучайного кода и фазой трансформированной несущей частоты, который включает, во-первых, по крайней мере один генератор (108) с цифровым управлением фазой, управляемый сигналом уставки частоты и сигналом фазовой ошибки и, во-вторых, программируемый генератор (114) локального псевдослучайного кода, устройство выбора кода, позволяющее пользователю подавать на генератор (114) локального псевдослучайного кода

сигнал для выбора одного кода из нескольких возможных кодов, где эти различные коды соответствуют различным спутникам двух сетей связи, устройство выбора частоты, позволяющее пользователю подавать на генератор (108) с цифровым управлением фазы один из нескольких возможных сигналов уставки частоты, где эти различные сигналы соответствуют различным спутникам второй сети связи, а также всем спутникам первой сети связи, и устройство (50, 80) для вычисления местоположения по цифровым значениям, выданным контуром сервоуправления фазой псевдослучайного кода и фазой трансформированной несущей частоты.

2. Приемник по п.1, отличающийся тем, что частота дискретизации ( $F_c$ ), с которой работает аналого-цифровой преобразователь

(38), более чем в два раза превышает наибольшее значение трансформированной несущей частоты, присутствующей в сигналах, которые могут поступать на этот преобразователь от схем трансформирования частоты.

3. Приемник по п.2, отличающийся тем, что он включает второй аналого-цифровой преобразователь (34) для приема сигналов по крайней мере с одной другой трансформированной частотой и мультиплексор (102) для передачи сигнала с выхода одного или другого преобразователя в каналы цифровой обработки сигналов.

4. Приемник по любому из пп.1 - 3, отличающийся тем, что различные сигналы уставки частоты воздействуют на генератор (108) с цифровым управлением фазы так, что последний выдает соответствующие номинальные частоты, которые равны значениям трансформированных частот, соответствующим результату трансформирования различных номинальных несущих частот спутников двух сетей.

5. Приемник по п.1, отличающийся тем, что частота вычислений, с которой работает генератор (108) с цифровым управлением фазой, более чем в два раза превышает наибольшее значение трансформированной частоты.

6. Приемник по любому из пп.1 - 5, отличающийся тем, что контур сервоуправления фазой псевдослучайного кода и фазой трансформированной несущей частоты содержит устройство (110) для вычисления синуса и косинуса фазы периодического колебания на выходе генератора (108) с цифровым управлением фазой и устройство (104, 106) для умножения полученных таким путем значений синуса и косинуса на оцифрованный выходной сигнал цепи приема с получением двух квадратурных сигналов.

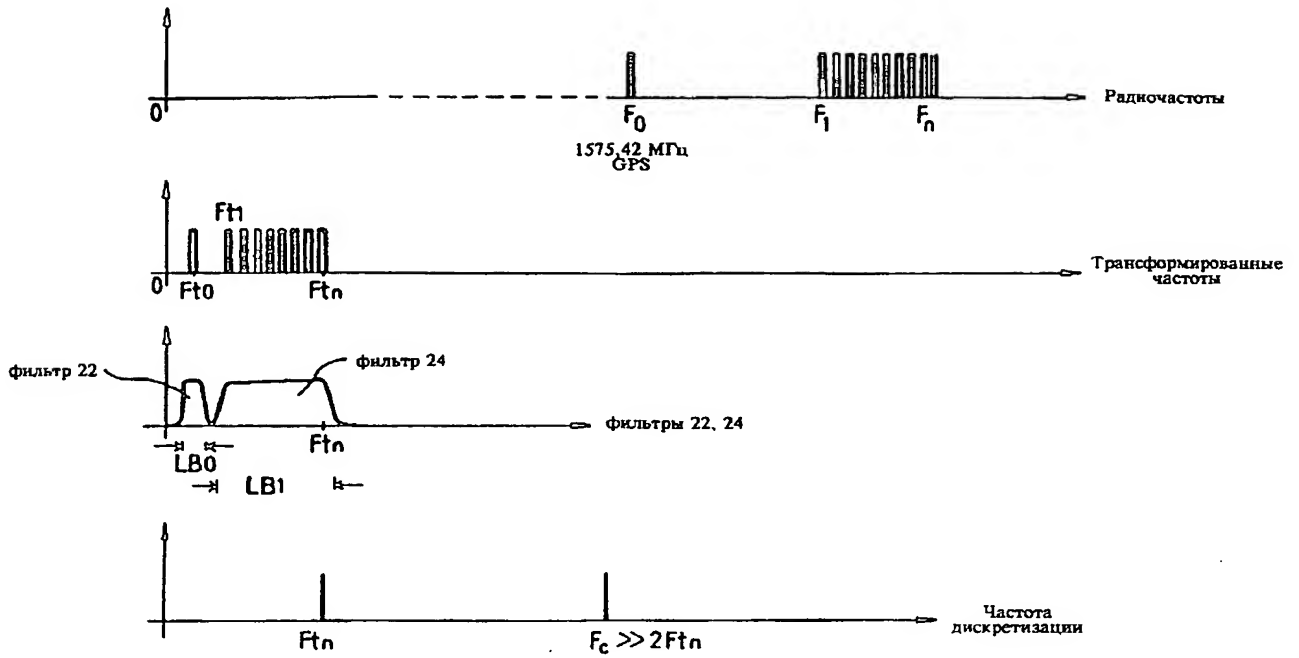
7. Приемник по п. 6, отличающийся тем, что генератор (114) локального псевдослучайного кода может формировать локальный точный код, опережающий код и запаздывающий код и предусмотрено устройство (120 - 126) для умножения квадратурных сигналов на точный локальный псевдослучайный код и на разность опережающего и запаздывающего локальных псевдослучайных кодов.

8. Приемник по любому из пп.1 - 7, отличающийся тем, что генератор (114) локального псевдослучайного кода управляется тактовым генератором, представляющим собой генератор (116) с цифровым управлением фазой, на который в качестве цифрового входного сигнала подается сигнал фазовой ошибки кода, который отражает расхождение в синхронизации между кодом, формируемым локально генератором кода, и идентичным кодом, присутствующим в сигнале, принятом со спутника.

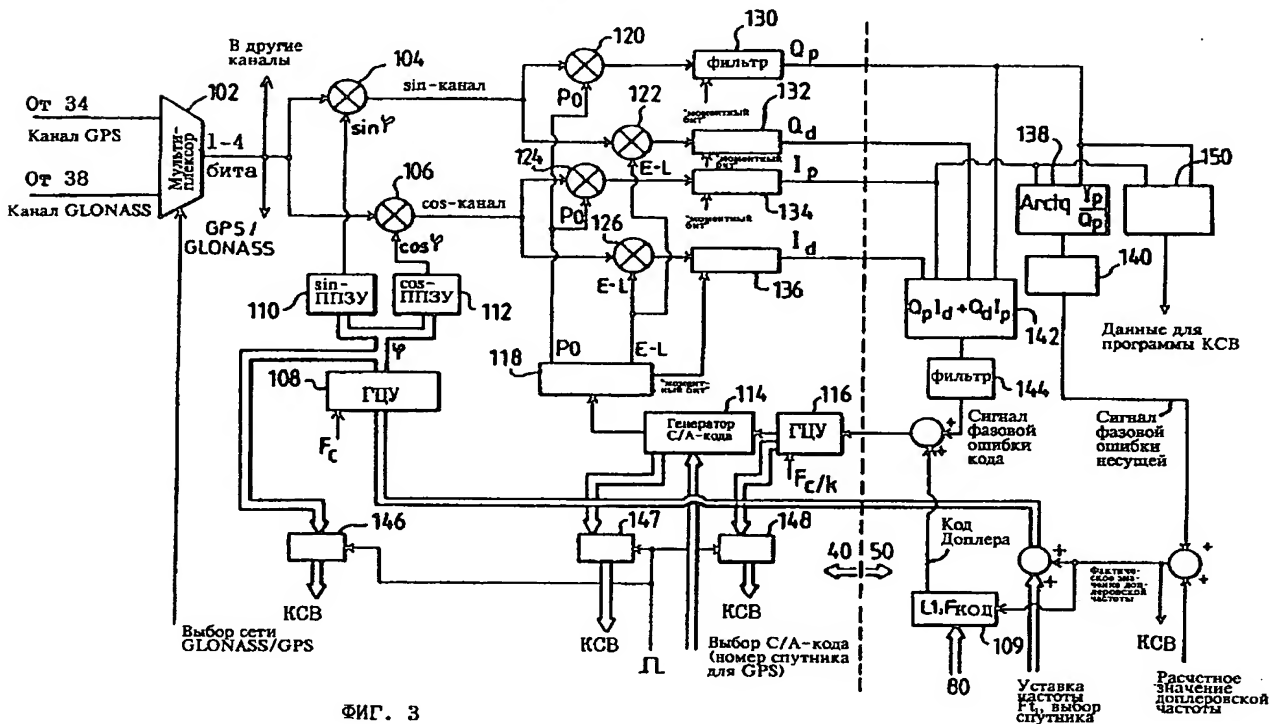
9. Приемник по любому из пп. 1 - 8,

отличающийся тем, что схемы для трансформирования принятых несущих частот в несколько трансформированных частот включают конечный каскад с двумя отдельными каналами, в один из которых поступают сигналы от сети с единственной частотой, а в другой поступают сигналы от сети с несколькими частотами, и этот второй канал включает единый общий генератор (OL3), который осуществляет трансформирование различных несущих частот в несколько различных трансформированных несущих частот.

10. Способ приема спутниковых сигналов в приемнике и определения местоположения приемника на основе принятых сигналов, при этом спутники принадлежат либо к первой сети с единственной несущей частотой, либо к второй сети с несколькими несущими частотами, отличающийся тем, что при его осуществлении предусмотрены следующие стадии: прием сигналов нескольких спутников с помощью антенны, трансформирование несущей частоты различных принятых сигналов с формированием нескольких трансформированных несущих частот, отличных от принятой несущей частоты, подачу нескольких одновременно принятых несущих частот по крайней мере на один общий аналого-цифровой преобразователь и преобразование соответствующего полного сигнала в цифровую форму, подачу цифровых сигналов из аналого-цифрового преобразователя по крайней мере в один канал обработки сигналов, который является общим для всех трансформированных несущих частот, поступающих от аналого-цифрового преобразователя, выбор значения уставки частоты, соответствующего значению конкретной трансформированной частоты, из нескольких возможных значений уставок, соответствующих различным спутникам, и подачу соответствующего сигнала уставки в генератор с цифровым управлением фазой так, чтобы этот генератор формировал частоту, соответствующую значению уставки, а также подачу в этот генератор сигнала фазовой ошибки, выдаваемого контуром сервоуправления фазой, в состав которого входит этот генератор, выбор псевдослучайного кода и подачу соответствующего сигнала уставки в программируемый генератор локального псевдослучайного кода так, чтобы этот генератор формировал один требуемый код из числа нескольких возможных кодов, причем этот генератор входит в состав контура сервоуправления, и предусмотрен коррелятор, осуществляющий сдвиг формируемого кода так, чтобы обеспечить синхронизм с идентичным кодом, присутствующим в модуляции сигнала, поступающего от преобразователя, и вычисление местоположения приемника по цифровым значениям, выдаваемым контуром сервоуправления.



ФИГ. 2



ФИГ. 3